



ООО "Строительно - Монтажное Управление-26"

**СМУ-26**

ООО «СМУ-26»

355020, г. Ставрополь

ул. Достоевского, д.75 оф.31

тел./факт: +7(8652) 99-13-43

e-mail: smu26@inbo.ru

*Заказчик.* Филиал АО "НЭСК-электросети"  
"Новокубанскэлектросеть"

Комплекс (объект)  
ЭС

**ЭПУ земельного участка для размещения замкнутых водоемов  
ТУ № - 4-45-19-1402 г. Новокубанск**

Сведения об инженерном оборудовании, о сетях инженерно-технического обеспечения, перечень инженерно-технических мероприятий, содержание технических решений.

Система электроснабжения (подраздел 5а)  
наружные сети

г. Ставрополь, 2020г.



ООО "Строительно - Монтажное Управление-26"

# СМУ-26

ООО «СМУ-26»

355020, г. Ставрополь

ул. Достоевского, д.75 оф.31

тел./факт: +7(8652) 99-13-43

e-mail: smu26@inbo.ru

*Заказчик.* Филиал АО "НЭСК-электросети"  
"Новокубанскэлектросеть"

Комплекс (объект)  
ЭС

## **ЭПУ земельного участка для размещения замкнутых водоемов ТУ № - 4-45-19-1402 г. Новокубанск**

Сведения об инженерном оборудовании, о сетях инженерно-технического обеспечения, перечень инженерно-технических мероприятий, содержание технических решений.

Система электроснабжения (подраздел 5а)  
наружные сети

Директор ООО «СМУ-26»

О.Н. Волков

ГИП

И.Ф. Литвинов

г. Ставрополь, 2020г.

Обозначение	Наименование	Примечание
	Текстовая часть:	
	Титульный лист	
С-92-ЭС.СТ	Содержание тома	
С-92-ПЗ	Пояснительная записка	
	Приложения:	
	Графическая часть:	
С-92-ЭС	Комплект схем применных для выполнения необходимых расчетов в данном томе	

[illegible]

## Оглавление

1. Общие сведения и исходные данные.....	5
2. Исходные данные по системам РЗА.....	6
3. Расчет токов коротких замыканий.....	7
3.1 Расчет токов КЗ по присоединению ПР-3 ПС 35/10 кВ "Прочноокопская".....	8
4. Расчет уставок срабатывания устройств РЗА прис. ПР-3.....	10
5. Расчет уставок срабатывания устройств РЗА прис. КП-1.....	11
6. Нормативные ссылки.....	13

Взам. инв. №		Подп. и дата									
Инв. № подл.		Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	С-92-ПЗ			
	Разраб.	Литвинов						Содержание пояснительной записки	Стадия	Лист	Листов
	Проверил	Волков							Р	4	14
									ООО «СМУ-26», г. Ставрополь, 2020		

## 1. Общие сведения и исходные данные

Данным проектом предусматривается:

- расчет токов короткого замыкания по присоединению ПР-3 ПС 35/10 кВ "Прочноокопская".
- расчет и выбор уставок РЗА по присоединению ПР-3 ПС 35/10 кВ "Прочноокопская".

Настоящий проект выполняется на основании технического задания на проектирование "ЭПУ земельного участка для размещения замкнутых водоемов ТУ № - 4-45-19-1402 г. Новокубанск".

В настоящем проекте все технические решения по сооружениям, конструкциям, оборудованию и технической части приняты и разработаны в полном соответствии с действующими на дату выпуска проекта нормами и правилами, включая правила пожаро- и взрывобезопасности. Проект разработан в соответствии с государственными нормами, правилами и стандартами.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							C-92-ПЗ	Лист
										5
			Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата		

## 2. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

### 1. Токи КЗ на ПС 35/10 кВ "Прочноокопская"

-	Максимальный режим - $I^{(3)}_{\max} = 1,97 \text{ кА}$
-	Минимальный режим - $I^{(3)}_{\min} = 1,02 \text{ кА}$

### 2. Данные по защитах прис. ПР-3 ПС 35/10 кВ "Прочноокопская"

-	Реле	РТ-85/1
-	Трансформатор тока	ТОЛ-10 150/5
-	Уставка МТЗ	210А / 1,0с
-	Уставка ТО	840А / 0,0с

Инв. № подл.						Взам. инв. №
						Подп. и дата
						Лист
С-92-ПЗ						6
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	

### 3. Расчет токов коротких замыканий

Расчёт производился согласно РД 153-34.0-20.527-98 «Руководящие указания по расчёту токов короткого замыкания и выбору электрооборудования». Расчет необходимых параметров рассматриваемой сети приведен ниже.

Сопротивление питающей системы при снабжении от ПС 35/10 кВ "Прочноокопская" определим по формулам:

$$X_{с\ max} = U_n / (\sqrt{3} * I^{(3)}_{\max}) = 10,5 / ((\sqrt{3} * 1,97) = 3,077\ \text{Ом},$$

$$X_{с\ min} = U_n / (\sqrt{3} * I^{(3)}_{\min}) = 10,5 / ((\sqrt{3} * 1,02) = 5,943\ \text{Ом}.$$

Активное сопротивление проводов линии определяется по формуле:

$$R = r_{уд} * L,$$

где:

L – длина линии, км,

$r_{уд}$  – удельное активное сопротивление линии, Ом/км.

Индуктивное сопротивление проводов линии определяется по формуле:

$$X = X_{уд} * L,$$

где:

L – длина линии, км,

$X_{уд}$  – удельное индуктивное сопротивление линии, Ом/км,

Сопротивление трансформатора мощностью 630кВА

$$Z_{тр} = \sqrt{(R_{тр}^2 + X_{тр}^2)} = 9,625\ \text{Ом}$$

Ток короткого замыкания (КЗ) определяется по формуле:

$$I^{(3)} = U_n / (\sqrt{3} * \sqrt{(\sum R)^2 + (\sum X)^2})$$

где:

$\sum R$  - сумма активных сопротивлений линий рассматриваемого участка, Ом

$\sum X$  - сумма индуктивных сопротивлений линий рассматриваемого участка, Ом

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	$Z_{тр} = \sqrt{(R_{тр}^2 + X_{тр}^2)} = 9,625 \text{ Ом}$					
			Ток короткого замыкания (КЗ) определяется по формуле:					
			$I^{(3)} = U_H / (\sqrt{3} * \sqrt{((\Sigma R)^2 + (\Sigma X)^2)}$					
где:								
ΣR - сумма активных сопротивлении линий рассматриваемого участка, Ом								
ΣX - сумма индуктивных сопротивлении линий рассматриваемого участка, Ом								
						С-92-ПЗ		Лист
								7
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата			

### 3.1 Расчет токов КЗ в системе внутреннего электроснабжения ПР-3 ПС 35/10 кВ "Прочноокопская".

Для расчета токов короткого замыкания в определенных точках необходимо рассчитать сопротивления участков сети до этих точек и сопротивление системы в максимальном и минимальном режиме.

Таблица 1. Элементы сети ПР-3 ПС 35/10 кВ "Прочноокопская".

№ Уч.	Наименование элемента	Тип	Сечение, мм <sup>2</sup>	Длина, км	Удельные характеристики, Ом/км		Сопротивление, Ом	
					R	X	R	X
1	ПР-1 - ПР-1-457	A	50	0,405	0,64	0,4	0,259	0,162
2	ПР-1 - ПР-1-457	A	50	0,193	0,64	0,4	0,124	0,077
3	ПР-1 - ПР-3-465	A	50	0,405	0,64	0,4	0,259	0,162
4	ПР-1 - ПР-3-465	A	50	0,375	0,64	0,4	0,240	0,150
5	ПР-1 - ПР-3-465	A	50	0,04	0,64	0,4	0,026	0,016
6	ПР-3-465 - КП-1	A	50	0,12	0,64	0,4	0,077	0,048
7	ПР-3-465 - КП-1	A	50	0,24	0,64	0,4	0,154	0,096
8	ПР-3-465 - КП-1	A	50	0,63	0,64	0,4	0,403	0,252
9	ПР-3-465 - КП-1	A	50	0,54	0,64	0,4	0,346	0,216
10	ПР-3-465 - КП-1	A	50	0,9	0,64	0,4	0,576	0,360
11	ПР-3-465 - КП-1	A	50	0,36	0,64	0,4	0,230	0,144
12	ПР-3-465 - КП-1	A	50	0,42	0,64	0,4	0,269	0,168
13	ПР-3-465 - КП-1	A	50	0,56	0,64	0,4	0,358	0,224
14	ПР-3-465 - КП-1	A	50	0,032	0,64	0,4	0,020	0,013
15	ПР-3-465 - КП-1	A	120	0,3	0,27	0,4	0,081	0,120
16	ПР-3-465 - КП-1	A	70	0,48	0,46	0,4	0,221	0,192
17	ПР-3-465 - КП-1	A	70	0,18	0,46	0,4	0,083	0,072
18	ПР-3-465 - КП-1	A	70	0,14	0,46	0,4	0,064	0,056
19	КП-1 - ТП-64	СИП-3	95	0,95	0,363	0,284	0,345	0,270
20	КП-1 - ТП-64	A	50	0,3	0,64	0,4	0,192	0,120
21	КП-1 - ТП-64	A	50	0,3	0,64	0,4	0,192	0,120
22	КП-1 - ТП-64	A	50	0,4	0,64	0,4	0,256	0,160
23	КП-1 - ТП-165	СИП-3	95	0,6	0,363	0,284	0,218	0,170
24	КП-1 - ТП-165	СИП-3	70	0,45	0,493	0,291	0,222	0,131
25	ТП-165 - ТП-170	АС	50	0,1	0,64	0,4	0,064	0,040
26	ТП-165 - ТП-170	АС	50	0,3	0,64	0,4	0,192	0,120
27	ТП-165 - ТП-170	АС	50	0,1	0,64	0,4	0,064	0,040
28	ТП-170 - ТП-144	АС	50	0,4	0,64	0,4	0,256	0,160
29	ТП-144 - ТП-55п	АС	50	0,2	0,64	0,4	0,128	0,080
30	ТП-144 - ТП-55п	АС	50	0,1	0,64	0,4	0,064	0,040

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

С-92-ПЗ

Лист

8

Изм. Кол. уч. Лист № док. Подп. Дата



31	ТП-144 - ТП-55п	АС	50	0,25	0,64	0,4	0,160	0,100
32	ТП-144 - ТП-55п	АС	50	0,15	0,64	0,4	0,096	0,060
33	ТП-144 - ТП-55п	АС	50	0,9	0,64	0,4	0,576	0,360
34	ТП-144 - ТП-55п	АС	50	0,07	0,64	0,4	0,045	0,028
35	ТП-144 - ТП-55п	АС	50	0,07	0,64	0,4	0,045	0,028
36	ТП-144 - ТП-55п	АС	50	0,2	0,64	0,4	0,128	0,080
37	ТП-144 - ТП-55п	АС	50	0,4	0,64	0,4	0,256	0,160
38	ТП-144 - ТП-55п	АС	50	0,2	0,64	0,4	0,128	0,080
39	ТП-144 - ТП-120п	АС	50	0,4	0,64	0,4	0,256	0,16
40	ТП-144 - ТП-120п	АС	70	1,1	0,46	0,4	0,506	0,44
41	ТП-120п - ТП-65п	АС	70	0,4	0,46	0,4	0,184	0,16
42	ТП-120п - ТП-65п	АС	50	0,2	0,64	0,4	0,128	0,08
43	ТП-120п - ТП-65п	АС	70	0,7	0,46	0,4	0,322	0,28

Для расчета тока короткого замыкания в точке К1 нам понадобятся: сопротивление участков № 1-5 (Таблица 1) и сопротивления системы ПС 110/35/10/6 кВ "Прочноокопская" в максимальном и минимальном режиме сети 10 кВ.

Согласно формуле приведенной в пункте № 3.3 получим следующие выражения:

$$I_{\max}^{(3)} = (\sqrt{3} * \sqrt{((0,383)^2 + (0,239+3,077)^2)}) = 1,816 \text{ кА}$$

$$I_{\min}^{(3)} = (\sqrt{3} * \sqrt{((0,383)^2 + (0,239+5,943)^2)}) = 0,979 \text{ кА}$$

Сведем результаты расчетов в Таблицу 2.

Точка КЗ	Место КЗ	Uб	Uвн			Uнн		
			max 3ф.	min 3ф.	min 2ф.	max 3ф.	min 3ф.	min 2ф.
К1	На шинах 10/0,4 кВ ПР-3-457	10,5	1,816	0,979	0,848	0,468	0,383	0,332
К2	На шинах 10 кВ КП-1	10,5	0,954	0,680	0,589	-	-	-
К3	На шинах 10 кВ ТП-64	10,5	0,829	0,620	0,537	-	-	-
К4	На шинах 10/0,4 кВ ТП-165	10,5	0,885	0,648	0,561	0,286	0,253	0,219
К5	На шинах 10 кВ ТП-170	10,5	0,842	0,627	0,543	-	-	-
К6	На шинах 10/0,4 кВ ТП-55п	10,5	0,653	0,522	0,452	0,227	0,206	0,178
К7	На шинах 10 кВ ТП-65п	10,5	0,631	0,507	0,439	-	-	-

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №

#### 4. Определяем уставки срабатывания РЗА яч. 10кВ ПР-3 ПС 35/10 кВ «Прочноокопская»:

##### Исходные данные для расчета:

Существующие уставки РЗА яч. 10кВ ПР-3 ПС 35/10 кВ «Прочноокопская»:

$K_{ТТ}=150/5$

ТО: 840А/0с

МТЗ: 210А/1,0с

Реле: РТ-85/1

#### 4.1. Проверяем актуальность существующих уставок РЗА яч. 10кВ ПР-3 ПС 35/10 кВ «Прочноокопская» (подключение ТП-250кВА):

##### 4.1.1 Максимальная токовая защита:

Определяем ток срабатывания:

$$I_{сз} \geq \frac{K_H \cdot K_{сзп}}{K_B} \cdot I_{раб.макс}$$

где  $K_H$ -коэффициент надежности, принимаем равным 1,5 (РТ-85/1);

$K_{сзп}$ - коэффициент самозапуска, принимаем равным 1,2;

$K_B$ - коэффициент возврата, принимаем равным 0,8;

$I_{раб.макс}$ - максимальный рабочий ток, для яч.10 кВ ПР-3 определяем по максимальной разрешенной мощности.

$P_{сущ.разреш.ПР-3} = 1404\text{кВт}$  – существующая максимальная разрешенная мощность присоединение 10кВ ПР-3;

$P_{доб.}=150\text{кВт}$  – добавленная мощность (проектируемая ТП);

$P_{мак.разреш.}=1554\text{ кВт}$  – максимальная разрешенная мощность присоединение

$$I_{раб.макс.} = \frac{P_{разреш. \Sigma}}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \varphi}, \text{ А}$$

$$I_{раб.макс.} = \frac{1554}{\sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot 0,93} = 92 \text{ А.}$$

Ток срабатывания МТЗ:

$$I_{сз} \geq \frac{1,5 \cdot 1,2}{0,8} \cdot 92 = 207 \text{ А.}$$

Принимаем уставку МТЗ без изменения:  $I_{сз} = 210 \text{ А}$ ,  $t_{сз} = 1,0 \text{ с}$

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							С-92-ПЗ	Лист
										10
			Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата		

4.1.2. Определяем коэффициент чувствительности, при двухфазном коротком замыкании в точке К2 (основная зона чувствительности МТЗ):

$$k_{\text{чув.}} = \frac{I_{\text{мин.кз.}}^2}{I_{\text{уст.}}} = \frac{1291}{210} = 6,1 \geq 1,5, \text{ что соответствует ПУЭ п.3.2.25.}$$

#### 4.1.3 Проверка трансформаторов тока в ячейке 10 кВ ПР-3:

Проверяем существующие трансформаторы тока яч. 10кВ ПР-3 ( $K_{\text{ТТ}}=150/5$ ) по условию нагрузки:

$$I_{\text{раб. макс.}} \leq I_{\text{ном.тт}}$$

$$I_{\text{раб. макс.}} = 92 \text{ А}$$

$92 \leq 150 \text{ А}$  - условие выполняется. Замены трансформаторов тока не требуется.

#### 4.2. Токовая отсечка:

Ток срабатывания по отстройке от максимального тока короткого замыкания на стороне 10кВ РП «Капаново-1» точка К2:

$$I_{\text{сз}} \geq K_{\text{н}} \cdot I_{\text{макс.кз}}^3$$

где  $K_{\text{н}}$ -коэффициент надежности, принимаем равным 1,2 (рт-85/1);

$I_{\text{макс.кз2}}^3$ - ток КЗ в точке К2 (на шинах 10кВ РП «Капаново-1»);

$$I_{\text{сз}} \geq 1,5 \cdot 1439 = 1150 \text{ А}$$

Принимаем уставку ТО без изменения:  $I_{\text{сз}} = 1470 \text{ А}$   $t_{\text{сз}} = 0 \text{ с}$  ( $K_{\text{кр}}=7$ ).

#### 5. Определяем уставки срабатывания РЗА в водной ячейке яч. 10кВ КП-1 РП «Капаново-1»:

##### 5.1. Максимальная токовая защита:

5.1.1 Ток срабатывания по отстройке от МТЗ яч. 10 кВ КП-1:

$$I_{\text{сз}} \leq \frac{I_{\text{МТЗ}}}{K_{\text{отс}}}$$

где  $K_{\text{отс}}$ -коэффициент отстройки, принимаем равным 1,1;

$I_{\text{МТЗ}}$ - ток срабатывания МТЗ яч. 10кВ ПР-3 ПС 35/10 кВ Прочноокопская».

$$I_{\text{сз}} \leq \frac{210}{1,1} = 190 \text{ А}$$

5.1.2. Время срабатывания максимальной токовой защиты

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							С-92-ПЗ	Лист
										11
			Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата		

$$t_{сз} = t_{сз.пред} - \Delta t$$

где  $t_{сз.пред}$  - время срабатывания МТЗ яч. 10кВ ПР-3 ПС 35/10 кВ «Прочноокопская»;

$\Delta t$  - степень селективности 0,5 с.

$$t_{сз} = 1,0 - 0,5 = 0,5 \text{ с}$$

5.1.3. Определяем ток срабатывания МТЗ по отстройке от нагрузки присоединения КП-1:

$$I_{сз} \geq \frac{K_H \cdot K_{сзп}}{K_B} \cdot I_{раб.макс}$$

где  $K_H$  - коэффициент надежности, принимаем равным 1,5 (РТ-85/1);

$K_{сзп}$  - коэффициент самозапуска, принимаем равным 1,3;

$K_B$  - коэффициент возврата, принимаем равным 0,8;

$I_{раб.макс}$  - максимальный рабочий ток, для яч. 10 кВ КП-1 определяем по максимальной нагрузке.

$P_{сущ.разреш.КП-1} = 1067 \text{ кВт}$  – существующая максимальная разрешенная нагрузка присоединение 10кВ КП-1;

$P_{доб.} = 150 \text{ кВт}$  – добавленная мощность (проектируемая ТП);

$P_{мак.разреш.} = 1217 \text{ кВт}$  – максимальная разрешенная мощность присоединение

$$I_{раб.макс.} = \frac{P_{разреш. \Sigma}}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \varphi}, \text{ А}$$

$$I_{раб.макс.} = \frac{1217}{\sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot 0,93} = 72 \text{ А.}$$

Ток срабатывания МТЗ:

$$I_{сз} \geq \frac{1,5 \cdot 1,3}{0,8} \cdot 72 = 176 \text{ А.}$$

**Принимаем уставку МТЗ:  $I_{сз} = 180 \text{ А}$ ,  $t_{сз} = 0,5 \text{ с}$**

5.1.4. Определяем коэффициент чувствительности, при двухфазном коротком замыкании в точке К2' (основная зона):

$$k_{чув.} = \frac{I_{мин.кз.}^2}{I_{уст.}^2} = \frac{420}{180} = 2,3 \geq 1,5, \text{ что соответствует ПУЭ}$$

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист	
									С-92-ПЗ	
			Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	12	

## 5.2. Токовая отсечка:

5.2.1 Ток срабатывания по отстройке от ТО яч. 10 кВ ПР-3 ПС 35/10 кВ «Прочноокопская»:

$$I_{сз} \leq \frac{I_{то}}{K_{отс}}$$

где  $K_{отс}$ -коэффициент отстройки, принимаем равным 1,1;

$I_{то}$ - ток срабатывания ТО ПР-3 ПС 35/10 кВ «Прочноокопская»:

$$I_{сз} \leq \frac{1470}{1,1} = 1336 \text{ А}$$

5.2.2 Ток срабатывания по отстройке от максимального тока короткого замыкания на стороне 0,4кВ:

$$I_{сз} \geq K_n \cdot I_{\text{макс.КЗ}}^3$$

где  $K_n$ -коэффициент надежности, принимаем равным 1,3 (для реле РТ-85/1);

$I_{\text{макс.КЗ}}^3$ - ток КЗ в точке К4` (за тр-м 400кВА);

$$I_{сз} \geq 1,3 \cdot 885 = 1150 \text{ А}$$

Принимаем уставку ТО:  $I_{сз} = 1260 \text{ А}$ ,  $t_{сз} = 0 \text{ с}$ .

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							С-92-ПЗ	Лист
										13
			Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата		



## 6. НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

При разработке проектной и рабочей документации использованы следующие

нормативные документы:

1) Постановление Правительства РФ №87 от 16 февраля 2008 г. (в ред. Постановления Правительства РФ от 06.07.2019 №864) О составе разделов

проектной документации и требованиях к их содержанию.

2) Правила устройства электроустановок (ПУЭ). 7 издание. 2019 г.

3) РД 34.20.185-94 Инструкция по проектированию городских электрических сетей (с изменениями и дополнениями от 29.06.1999 N213).

4) Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей (утв.

приказом Минэнерго РФ от 13.01.2003 №6).

5) ГОСТ Р 21.1101-2013 Основные требования к проектной и рабочей документации.

6) Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок (приказ №328н от 24.07.2013).

7) ГОСТ 32144-2013. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.

8) РД 153-34.0-20.527-98. Руководящие указания по расчёту токов короткого замыкания и выбору электрооборудования.

Инв. № подл.	Подп. и дата							С-92-ПЗ	Лист
									14
		Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата		